บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. <u>วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไวน์น้ำผึ้งผลไม้</u>

น้ำผึ้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำผึ้งจากดอกนุ่น (Kapok, *Bombax ceiba* Linn.) ซึ่งเป็นน้ำผึ้งที่มีราคาถูก เมื่อเทียบกับน้ำผึ้งที่ผลิตเป็นการค้าชนิดอื่น ๆ คือ ราคากิโลกรัมละประมาณ 50 บาท ผู้บริโภคไม่ค่อยนิยมบริโภค เนื่องจากมีรสหวานปนเปรี้ยว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์จาก ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิจัยผึ้ง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อนำน้ำผึ้งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้ผลดังตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานสำหรับประเทศไทย ตามมอก. 470-2526 คือมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณร้อยละ 79 องศาบริกซ์ และมีร้อยละความเป็นกรดประมาณ 0.5 (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2532) ค่าความเป็นกรดที่หาได้ คิดในรูปกรดซิตริกประมาณ 0.34 ในน้ำผึ้งนอกจากจะมีกรดซิตริกแล้ว ยังมีกรดกลูโคนิกและกรดอินทรีย์อีกหลายชนิด— ซึ่งมาตรฐานของน้ำผึ้งในแต่ละประเทศนั้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ สภาพดินฟ้าอากาศความนิยมในการบริโภค พืชที่เป็นแหล่งน้ำหวาน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วมาตรฐานของน้ำผึ้งจะเจาะจงถึงปริมาณน้ำในน้ำผึ้ง องค์ประกอบทางเคมี และสีกลิ่นรสของน้ำผึ้ง

สำหรับผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้คือ มะขามเปียก น้ำสับปะรดและกระเจี๊ยบแห้ง เนื่องจากหาง่าย มีขายตลอดทั้งปีและมีราคาถูก เมื่อวิเคราะห์ความเป็นกรดของวัตถุดิบที่เตรียมได้ สำหรับน้ำกระเจี๊ยบและน้ำสับปะรดวิเคราะห์ความเป็นกรดในรูปกรดมาลิก เนื่องจากเป็นกรดที่มีปริมาณมากที่สุด รองมาคือกรดซิตริก ส่วนน้ำมะขามเปียกคิดในรูปกรดทาร์ทาริก เนื่องจากเป็นกรดอินทรีย์ชนิดเดียวที่พบในมะขาม พบว่าน้ำกระเจี๊ยบมีความเป็นกรดสูงสุดคือ 0.96 g/100 ml รองลงมาคือน้ำมะขามเปียกและน้ำสับปะรดคือ 0.79 และ 0.59 g/100 ml ตามลำดับ

2. <u>เลือกเชื้อยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์น้ำผึ้ง</u>

Kunkee และ Amerine (1970) ได้กล่าวถึงลักษณะของยีสต์ที่ใช้ในการทำไวน์โดยทั่ว ๆ ไปว่า ควรเป็นยีสต์ที่สามารถเจริญได้ดีในน้ำหมักซึ่งมีสภาพความเป็นกรดสูง มีความสามารถที่จะทำให้เกิดการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ได้เกิน 10 เปอร์เซนต์ขึ้นไป และต้องทนต่อเปอร์เซนต์แอลกอฮอล์ในระดับนี้ได้ สามารถทนต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณเล็กน้อยได้คือ 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมลงฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ

เชื้อยีสต์มีความแปรผันในด้านความสามารถการหมัก สำหรับการติดตามการหมักจะพิจารณาจากการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้และการเพิ่มขึ้นของปริมาณร้อยละแอลกอฮอล์ (Vine, 1981) ในงานวิจัยนี้ได้ติดตามปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์สำหรับวัดน้ำตาลโดยเฉพาะ โดยหลักการของไฮโดรมิเตอร์ ใช้หลักการของอาคีมิดิสในการแทนที่ของเหลวด้วยวัตถุ ค่าบริกซ์ที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์เป็นค่าที่มีความถูกต้อง เมื่อวัดที่อุณหภูมิมาตรฐานของไฮโดรมิเตอร์ของไฮโดรมิเตอร์นั้น ๆ ไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะให้ค่าที่ถูกต้องที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถ้านำไปวัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ค่าที่อ่านได้จะสูงกว่าความเป็นจริง ต้องนำตัวเลขจากตารางเทียบค่าบริกซ์ไปลบออก แต่ถ้าวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ค่าที่อ่านได้จะต่ำกว่าความเป็นจริง ต้องบวกค่าตัวเลขจากตารางเทียบค่าบริกซ์เข้าไปเช่นกัน งานวิจัยนี้หมักและเก็บไวน์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงไม่ต้องนำค่าตัวเลขจากไฮโดรมิเตอร์มาแก้ไขให้ถูกต้อง (Vine, 1981)

ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์วัดโดยใช้ ebulliometer ซึ่งอาศัยหลักความแตกต่างของจุดเดือดของน้ำ กับสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ The US Internal Revenue Service (1970) ได้แนะนำวิธีใช้ว่า ไวน์ที่จะนำมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ควรนำมาเจือจางให้มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 96-100 องศาเซลเซียส และควรแตกต่างจากจุดเดือดน้ำไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเทียบได้กับปริมาณแอลกอฮอล์ 5 % (v/v) อย่างไรก็ตามการเจือจางไวน์ให้มีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่า 2 % จะมีความผิดพลาดในการอ่านเปอร์เซนต์แอลกอฮอล์น้อยกว่า 0.1 % ในงานวิจัยนี้ไวน์ที่หมักเป็นพวกไวน์ไม่หวาน (dry wine) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลเป็นศูนย์ ดังนั้นการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธีนี้จึงมีความถูกต้องสูง

การทดลองในข้อ 2 ติดตามการหมักของเชื้อยีสต์ <u>Saccharomyces cerevisiae</u> ทั้ง 3 สายพันธุ์คือ Montrachet,Pastuer Champagne และ Epernay 2 ซึ่งหมักในน้ำหมัก

ที่ไม่เติมสารอาหาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อทั้ง 3 ชนิด พบว่าเมื่อหมักเป็นเวลา 1 เดือน เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet,Pasteur Champagne และ Epernay 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เหลืออยู่ 9.3,7.6 และ 10.7 องศาบริกซ์ (ตาราง ค.1) ปริมาณร้อยละแอลกอฮอล์เป็น 8.01,9.42 และ 7.19 ตามลำดับ (ตาราง ค.2) ซึ่งใกล้เคียงกับทฤษฎี กล่าวคือในกระบวนการหมัก เชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยผ่าน Embden-Meyerhof-parnas pathway ซึ่งมีปฏิกิริยารวมดังนี้

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{เอ็นไซม์ในยีสต์}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{Energy}$$

ตามทฤษฎีจะได้เอทธิลแอลกอฮอล์ประมาณ 51.1 % และกาซคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 % โดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 48 % และมีสารอื่นปนมาด้วย เชื้อยีสต์จะใช้น้ำตาลประมาณ 1 % ในการสร้างเซลยีสต์ (Amerine and Singleton, 1972) ในงานวิจัยนี้เตรียมน้ำหมักที่มีปริมาณของแข็ง 23 องศาบริกซ์ เมื่อหมักถึง 1 เดือน พบว่าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet,Pasteur Champagne และ Epernay 2 ใช้ของแข็งที่ละลายได้ไปในปริมาณ 13.7,15.4 และ 12.3 องศาบริกซ์ ตามลำดับ เมื่อคำนวณตามทฤษฎีจะได้ปริมาณร้อยละแอลกอฮอล์เท่ากับ 8.6,9.7 และ 7.7 ตามลำดับ ซึ่งค่าจากการทดลองใกล้เคียงกับทฤษฎี โดยปริมาณที่สูญเสียไปอาจเกิดจากการระเหย ในระหว่างการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ก็เป็นได้ ดังนั้นประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ในการหมักจะเรียงเป็น Pastuer Champange,Montrachet และ Epernay 2 ตามลำดับ การเลือกเชื้อยีสต์ที่มีประสิทธิภาพในการหมักเร็วจะมีผลดีในด้านการลดโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อน ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา และช่วยรักษากลิ่นรสของน้ำผึ้งและผลไม้เอาไว้ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการผลิตไวน์น้ำผึ้งผลไม้ต่อไป

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการหมักของเชื้อยีสต์ในช่วงแรกมีการสร้างแอลกอฮอล์ในปริมาณมาก เนื่องจากในน้ำหมักยังมีสารอาหาร แร่ธาตุและวิตะมิน ในปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ จนถึงประมาณวันที่ 20 สารอาหารต่าง ๆ ลดลง ในช่วงนี้ยีสต์มีการสร้างกรดอินทรีย์ต่าง ๆ และแอลกอฮอล์ออกมามาก ทำให้ media มีสภาพเป็นกรดสูง ใน

ระยะนี้น้ำตาลที่ยังเหลืออยู่ก็ยังคงถูกยีสต์นำไปใช้ในการหมักและเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์อย่างช้า ๆ

ในกระบวนการหมักจะมี by-product ต่าง ๆ ถูกผลิตออกมามาก ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญในด้านกลิ่น รส และบอดี้ของไวน์ ยีสต์แต่ละสายพันธุ์มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดสารประกอบเหล่านี้ในปริมาณต่าง ๆ ทำให้ไวน์มีคุณภาพต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบที่มีความสำคัญบางชนิดได้แก่กลีเซอรอล เอทธิลอะซีเตท อะเซทาลดีไฮด์ กรดทั้งหมด กรดระเหยและกรดไม่ระเหย ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการหมักโดยเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ (Reed and Nagodawithana, 1991)

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการสร้างกลีเซอรอลของเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ เรียงตามลำดับคือ Pastuer Champagne , Montrachet และ Epernay 2 ปริมาณกลีเซอรอลภายหลังการหมักสมบูรณ์แล้วเป็น 0.79,0.60 และ 0.48 g/100 ml การสร้างกลีเซอรอลของยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่ามีการผลิตเป็นปริมาณมากในช่วงต้นการหมัก ต่อมาประมาณ 1 สัปดาห์ การผลิตกลีเซอรอลจะลดลง เช่นเดียวกับการผลิตแอลกอฮอล์เนื่องจากกลีเซอรอลถูกสร้างโดยตรงจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งมี fructose-1,6-diphosphate เป็นสารตั้งต้นเช่นเดียวกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ Amerine และ Ough(1974) ได้รายงานว่า การผลิตกลีเซอรอลขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปริมาณน้ำตาล ,อุณหภูมิการหมัก,ค่าความเป็นกรด, สายพันธุ์เชื้อยีสต์ และปริมาณออกซิเจน ซึ่งงานวิจัยได้ควบคุมสภาวะการหมักให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน ดังนั้นการที่เชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ ผลิตปริมาณกลีเซอรอลในปริมาณต่างกันจึงเป็นผลมาจากความสามารถของยีสต์แต่ละสายพันธุ์ โดยกลีเซอรอลเป็นสารที่มีความสำคัญทางประสาทสัมผัสเนื่องจากให้รสหวานและให้ความรู้สึกคล้ายน้ำมัน (oiliness)

สำหรับเอสเทอร์ Amerine และ Ough (1974) รายงานไว้ว่า ยีสต์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดเอสเทอร์ต่าง ๆ ในไวน์ และสนใจเกี่ยวกับยีสต์พวกที่มีความสามารถทำให้เกิดเอสเทอร์ในปริมาณมาก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่า เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet สามารถผลิตเอสเทอร์ ซึ่งคิดเป็นเอทธิลอะซีเตทได้สูงสุดคือ 87.7 mg/L ภายหลังการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้วและสายพันธุ์ Pasteur Champage เป็น 76.5 mg/L ส่วนสายพันธุ์ Epernay 2 ผลิตได้ 59.1 mg/L (รูปที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่าลักษณะการเกิดเอสเทอร์ของเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet และ Pasteur Champagne จะเป็นไปในลักษณะเดียวกันคือ ในช่วงต้นการหมักจะผลิตในปริมาณมาก ในช่วงท้ายของการหมักปริมาณเอสเทอร์จะค่อย ๆ ลดลง เพราะฉะนั้น

ปริมาณเอสเทอร์หลังจากการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้วจะน้อยกว่าปริมาณเอสเทอในช่วงกลางของการหมัก สำหรับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Epernay 2 ลักษณะการเกิดเอสเทอร์จะค่อยเป็นไปอย่างช้า ๆ และค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดการหมัก ดังนั้นลักษณะการเกิดเอสเทอร์ของยีสต์แต่ละสายพันธุ์จึงไม่เป็นแบบเดียวกัน เชื้อยีสต์ส่วนมากจะมีลักษณะการเกิดเอสเทอร์คล้ายกับสายพันธุ์ Montraachet และ Pasteur Champagne (Kunkee and Amerine, 1970) อย่างไรก็ตามปริมาณเอสเทอร์ที่รายงานไว้เป็นค่าที่วิเคราะห์ทันทีเมื่อภายหลังการหมักสมบูรณ์แล้ว ซึ่งหลังการบ่ม (aging) ปริมาณเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยา esterification ทำให้ไวน์ที่ผ่านการบ่มมีกลิ่นหอม เนื่องจากเอสเทอร์เป็นสารที่ให้กลิ่นที่สำคัญในไวน์ (Amerine and Ough, 1974)

สำหรับปริมาณอะเซทาลดีไฮด์ เมื่อติดตามการหมักจนสมบูรณ์ไม่พบอะเซทาลดีไฮด์ (ตารางที่ ค.3) อาจเป็นเพราะอะเซทาลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยจนตรวจสอบโดยวิธีทางเคมีที่ใช้ไม่พบ อีกประการหนึ่งอะเซทาลดีไฮด์เป็นสารตัวกลางที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในระหว่างการหมักซึ่งไม่ได้ถูก reduce โดย NADH และ alcohol dehydrogenase ไปเป็นแอลกอฮอล์ นอกจากนี้อะเซทาลดีไฮด์ยังรวมตัวกันเกิดเป็น acetoin (CH_3-CO-CH-OH-CH_3) ซึ่งจะถูก reduce ไปเป็น 2,3-butanediol (อรพิน ภูมิภมร, 2526)

ส่วนกรดอินทรีย์ต่าง ๆ พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในไวน์สูงกว่าในน้ำหมักประมาณ 1 เท่าตัว โดยเมื่อเริ่มต้นมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดในรูป citric acid เป็น 0.238 % ในน้ำหมักของทุกเชื้อยีสต์ทุกสายพันธุ์ เมื่อสิ้นสุดการหมัก ยีสต์ทุกสายพันธุ์จะสร้างกรดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าตัว โดยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champage และ Epernay 2 สร้างกรดได้ในปริมาณใกล้เคียงกันคือ 0.537 และ 0.530 % ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ Montrachet สร้างกรดได้มากที่สุดคือ 0.567 % (รูปที่ 4.5) สำหรับเชื้อยีสต์ทุกสายพันธุ์ปริมาณกรดทั้งหมดในช่วงกลางของการหมัก มีปริมาณสูงกว่าในระยะที่หมักสมบูรณ์แล้วเล็กน้อย โดยปกติยีสต์ที่อยู่ในระยะกำลังเจริญจะสร้างกรดต่าง ๆ ออกมาเป็นปริมาณมาก ได้แก่ lactic acid, malic acid, citric acid, formic acid และ succinic acid (Amerine et al., 1972) สำหรับ malic acid และ citric acid จะถูกดึงกลับเอาไปใช้ในกระบวนการ metabolism ภายในเซลได้อีก โดยยีสต์สามารถเปลี่ยน malic acid ให้เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ (Kunkee and Amerine, 1970) และเมื่อสิ้นสุดการหมัก citric acid จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 40 % การเกิด citric acid เป็นปฏิกิริยาโดยตรงของยีสต์ที่มีต่อ

น้ำตาล (Amerine et al., 1972) ส่วนกรดระเหยนั้นคิดในรูป acetic acid ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของไวน์เพราะเป็นสารที่มีกลิ่นแรง เชื้อยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ทำให้เกิดกรดระเหยได้มากในสภาพที่เป็นด่าง อย่างไรก็ตามในสภาพที่เป็นกรดยีสต์ก็สามารถสร้างกรดระเหยได้เช่นกัน (Amerine and Ough, 1974) จากการทดลองพบว่าแนวโน้มการสร้าง acetic acid ของเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ acetic acid จะถูกสร้างขึ้นเป็นปริมาณมากในระยะเริ่มต้นของการหมัก และเมื่อถึงระยะของการหมักสิ้นสุดแล้วปริมาณของ acetic acid จะลดลงไปมากกว่าครึ่งหนึ่ง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของยีสต์ ซึ่งพบว่าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Epernay 2 มีปริมาณกรดระเหยซึ่งคิดเป็น acetic acid ต่ำที่สุดคือ 0.019 % สายพันธุ์ Pasteur Champagne และ Montrachet เป็น 0.024 และ 0.029 % ตามลำดับ (รูปที่ 4.6) ส่วนกรดไม่ระเหยคิดในรูป citric acid จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet มีปริมาณกรดไม่ระเหยสูงสุดคือ 0.538 % เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne และ Epernay 2 มีปริมาณ 0.513 % และ 0.511 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อการหมักสมบูรณ์แล้วจะมีปริมาณกรดทั้งหมดและกรดระเหยลดลง แต่ปริมาณกรดไม่ระเหยกลับเพิ่มขึ้นอธิบายได้ว่าในการหมัก ในช่วงท้ายของการหมัก ยีสต์จะนำกรดระเหยไปใช้ในกระบวนการ metabolism เป็นจำนวนมาก เนื่องจากในช่วงนี้ยีสต์ต้องการสารโมเลกุลเล็กเพื่อใช้ในกระบวนการดังกล่าว และสำหรับกรดไม่ระเหยยีสต์จะนำไปใช้ได้จำนวนเล็กน้อยหรืออาจนำไปใช้ไม่ได้เลย แต่กลับผลิตขึ้นมาได้เป็นจำนวนมากกว่าที่สูญเสียไป แต่ก็ไม่มากพอที่จะทดแทนปริมาณของกรดระเหยที่ถูกนำไปใช้ได้ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อการหมักสมบูรณ์แล้วจึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดจึงลดลงไปตามกรดระเหยด้วย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดเป็นปริมาณรวมระหว่างกรดไม่ระเหยกับกรดระเหย (Reed and Nagodawithana, 1991)

เมื่อนำไวน์ที่หมักโดยเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test (ตารางที่ 4.1) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านความใส สี และบอดี้

อย่างไรก็ตามในด้านความใส แม้จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไวน์ที่หมักโดยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด โดยหลังจากการ

หมักสมบูรณ์แล้ว จะตกตะกอนอย่างรวดเร็วและไม่เกาะติดกับขวดแก้วที่หมัก ซึ่ง Morse(1980) ได้รายงานว่าเชื้อยีสต์ตระกูล Champagne มีความสามารถในการจับตะกอน (agglutinating power) สูง ส่วนสีของไวน์น้ำผึ้งไม่มีความแตกต่างระหว่างเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์ เนื่องจากน้ำผึ้งนุ่นเป็นน้ำผึ้งสีเข้มเมื่อนำมาหมักเป็นไวน์ทำให้ไวน์สีเข้มและได้รับคะแนนค่อนข้างต่ำ ในด้านกลิ่น รสชาติ และคะแนนรวมพบว่าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด

ดังนั้นเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในด้านการหมัก และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne เป็นเชื้อยีสต์ที่มีคุณภาพดีกว่าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet และ Epernay 2 และเมื่อพิจารณาในด้านการสร้างสารที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของไวน์ เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne สามารถสร้างกลีเซอรอลได้สูงที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเอทธิลอะซีเตทต่ำกว่าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Montrachet แต่เชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagneก็สร้างกรดระเหยซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นแรงได้ต่ำกว่าสายพันธุ์ Montrachet ส่วนเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Epernay 2 แม้จะสร้างกรดระเหยในปริมาณน้อย แต่ก็สร้างสารให้กลิ่นรสอื่น ๆ น้อยด้วยเช่นกันอีกทั้งยังมีความสามารถในการหมักช้า ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดของเชื้อยีสต์ทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกเชื้อยีสต์สายพันธุ์ Pasteur Champagne เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป โดยมีงานวิจัยในปี 1983 ของ Wootton , Weekes และ Lee ที่สนับสนุนความสำคัญของการเลือกสายพันธุ์เชื้อยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์น้ำผึ้ง โดยได้ศึกษาประสิทธิภาพในการหมักของเชื้อยีสต์ 2 สายพันธุ์คือ Saccharomyces cerevisiae (AWRI 729) และ Saccharomyces cerevisiae (AWRI 366) ใช้เป็น wine yeast และ mead yeast ตามลำดับ โดยเป็นสายพันธุ์ที่ใช้ในการผลิตไวน์และไวน์น้ำผึ้งทางการค้าของออสเตรเลีย เมื่อนำมาใช้หมักไวน์น้ำผึ้งพบว่า wine yeast ให้ fermentation rate เร็วกว่า mead yeast แต่ mead yeast สร้างกลีเซอรอลสูงกว่า wine yeast ประมาณ 30 % โดย mead yeast จะสร้างกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นตลอดการหมักในขณะที่ wine yeast มีปริมาณกลีเซอรอลจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงต้นของการหมัก หลังจากนั้นจะคงที่และในสภาวะเดียวกัน mead yeast จะสร้างกรดในปริมาณที่สูงกว่า wine yeast ดังนั้นการเลือกสายพันธุ์ของยีสต์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของไวน์

3. <u>ศึกษาปริมาณและชนิดวัตถุดิบที่เหมาะสมในการหมักไวน์น้ำผึ้งผลไม้</u>

การทำไวน์ผลไม้ให้มีคุณภาพดีขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหลายประการ ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือ ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำผลไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทำไวน์ และกรรมวิธีการเตรียมน้ำผลไม้ได้แก่ ชนิดของผลไม้และสภาวะแวดล้อมในการปลูกผลไม้ ผลไม้ที่เหมาะสมสำหรับการทำไวน์ควรมีทั้งรสเปรี้ยว รสฝาด และรสหวาน หรือประกอบด้วยกรดอินทรีย์ในปริมาณพอเหมาะ มีสารโพลีฟีนอลพวกแทนนิน อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลไม้บางชนิดจะขาดสารบางอย่าง ก็สามารถแก้ไขได้โดยเติมลงไปภายหลัง แต่ถ้าหากสามารถทำได้โดยไม่แต่งเติมอะไรก็เป็นการดีที่จะได้รสชาติของไวน์ผลไม้นั้น ๆ อย่างแท้จริง (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2532)

ในการทำไวน์น้ำผึ้งผลไม้ ชนิดของผลไม้ก็มีความสำคัญเช่นกัน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ผลไม้ 3 ชนิด คือ มะขามเปียก น้ำสับปะรดและกระเจี๊ยบแห้ง ซึ่งเป็นผลไม้ที่นิยมนำมาผลิตเป็นไวน์ผลไม้ของไทย ซึ่งผู้ดื่มไวน์คุ้นเคยกันดี เมื่อนำผลไม้มาแปรปริมาณเป็นร้อยละ 1.5, 2.0 และ 2.5 (w/v) สำหรับมะขามเปียกและกระเจี๊ยบแห้ง เนื่องจากการทำไวน์ผลไม้โดยทั่วไปจะใช้น้ำหนักผลไม้ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 2 (w/v) และแปรในระดับต่ำและสูงกว่าสูตรมาตรฐานอีกอย่างละ 1 ระดับ เพื่อให้ปริมาณกรดในน้ำหมักอยู่ในช่วง 0.5-0.7 % ส่วนน้ำสับปะรดแปรเป็นร้อยละ 10 20 และ 30 (v/v) เนื่องจากการผลิตไวน์น้ำผึ้งผลไม้ โดยทั่วไปจะใช้น้ำผลไม้ผสมกับน้ำผึ้งเจือจางในปริมาณร้อยละ 10-50 (v/v) (Morse, 1980) แต่สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นแรงจึงแปรในปริมาณต่ำ เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.4-4.6) พบว่าไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านความใสและรสชาติแต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในด้านสี กลิ่น บอดี้และคะแนนรวม ในด้านสีไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบได้รับคะแนนสูงกว่าไวน์น้ำผึ้งมะขามและไวน์น้ำผึ้งสับปะรด เนื่องจากสีแดงของกระเจี๊ยบบดบังสีของน้ำผึ้งทำให้ได้ไวน์แดงที่มีสีสวย ส่วนไวน์น้ำผึ้งมะขามและไวน์น้ำผึ้งสับปะรดเป็นไวน์ขาวที่มีสีเข้ม ในด้านกลิ่นพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกระเจี๊ยบ ทำให้ไวน์มีกลิ่นหอมมากขึ้น และเลือกไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบที่ปริมาณร้อยละ 2.5 (w/v) ซึ่งได้รับคะแนนรวมสูงที่สุด สำหรับไวน์น้ำผึ้งมะขามพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ บอดี้และคะแนนรวมในด้านสีผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าสีเข้มเกินไป รสชาติอยู่ในเกณฑ์ดี มีรสฝาดเล็กน้อยและเลือกไวน์น้ำผึ้งมะขามที่ปริมาณร้อยละ 2.0 (w/v) ซึ่งได้รับคะแนนรวมสูงที่สุด และเมื่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาไวน์น้ำผึ้งสับปะรดพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านสี และกลิ่นแต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในด้านความใส รสชาติ บอดี้ และคะแนนรวม ผู้ทดสอบให้ความเห็นในเรื่องกลิ่นว่าไวน์มีกลิ่นสับปะรดแรง และได้รับคะแนนรวมต่ำกว่าไวน์น้ำผึ้งผลไม้ชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามได้เลือกไวน์น้ำผึ้งสับปะรดที่ปริมาณร้อยละ 30 (v/v) ซึ่งได้รับคะแนนรวมสูงที่สุด

เมื่อนำไวน์น้ำผึ้งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ได้เลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าไวน์น้ำผึ้งสับปะรดมีปริมาณ acetic acid สูงที่สุดคือ 0.024 g/100 ml ไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบและไวน์น้ำผึ้งมะขามมีปริมาณ acetic acid ใกล้เคียงกันคือ 0.020 และ 0.019 g/100 ml ส่วนปริมาณกลีเซอรอล พบว่าปริมาณกลีเซอรอลมีค่าใกล้เคียงกันในผลไม้ทั้ง 3 ชนิดคือไวน์น้ำผึ้งสับปะรดมี 0.60 g/100 ml ไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบและไวน์น้ำผึ้งมะขามเป็น 0.61 และ 0.54 g/100 ml แสดงว่าปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นในไวน์มีอิทธิพลมาจากสายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้ในการหมัก ซึ่ง Reed และ Nagodawithana (1991) รายงานว่าสายพันธุ์ของยีสต์มีผลอย่างมากต่อการสร้างปริมาณกลีเซอรอล ในด้านปริมาณเอสเทอร์ซึ่งคิดเป็นเอทธิลอะซีเตท พบว่ามีความแตกต่างระหว่างไวน์น้ำผึ้งสับปะรดกับไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบ ,ไวน์น้ำผึ้งมะขาม คือ 88.1 กับ 127.8, 130.0 mg/L แสดงว่าชนิดของผลไม้มีผลต่อปริมาณเอทธิลอะซีเตท ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่แล้วในผลไม้ สำหรับการวิเคราะห์อะเซทาลดีไฮด์ พบว่าเฉพาะไวน์น้ำผึ้งสับปะรดเท่านั้นที่พบอะเซทาลดีไฮด์ในปริมาณ 0.38 mg/100 ml ส่วนไวน์น้ำผึ้งมะขามและไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบไม่พบอะเซทาลดีไฮด์ และจากการที่อะเซทาลดีไฮด์เป็นสารที่พบน้อย และมีความสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อย (Amerine et al., 1972) ดังนั้นการผลิตไวน์น้ำผึ้งผลไม้อย่างแรงต่อไปจึงไม่ได้วิเคราะห์อะเซทาลดีไฮด์ เมื่อนำไวน์ทั้ง 3 ชนิดมาทดสอบความชอบแบบ ranking test (ตารางที่ 4.8) พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านคะแนนรวมโดยใช้ scoring test

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางเคมี ได้เลือกไวน์ที่มีปริมาณกลีเซอรอลและเอทธิลอะซีเตทในระดับสูง ส่วน acetic acid มีในปริมาณต่ำ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด จึงเลือกไวน์น้ำผึ้งกระเจี๊ยบที่ปริมาณร้อยละ 2.5 (w/v) ในการผลิต fortified fruit mead ต่อไป ดังนั้นจะเห็นว่าชนิดของผลไม้มีความสำคัญต่อการผลิตไวน์น้ำผึ้งผลไม้ ดังรายงานของ Joshi และคณะ (1990) ซึ่ง

ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพไวน์น้ำผึ้งผลไม้ที่ทำจากผลไม้ 3 ชนิดคือ แอปเปิ้ล พลัม และแพร์ เตรียมน้ำหมักโดยใช้สัดส่วน น้ำผลไม้:น้ำ:น้ำผึ้ง เป็น 8:5:3 พบว่าไวน์น้ำผึ้งแอปเปิ้ลมีคุณภาพดีที่สุดไวน์น้ำผึ้งแพร์มีรสขม และไวน์น้ำผึ้งพลัมไม่ได้รับการยอมรับ

4. ศึกษาปริมาณน้ำตาลและปริมาณแอลกอฮอล์สุดท้ายที่เหมาะสมสำหรับไวน์น้ำผึ้งผลไม้อย่างแรง

ไวน์ที่ผลิตในประเทศกลุ่มตะวันตกประมาณครึ่งหนึ่ง เป็นไวน์ประเภทไวน์อย่างแรง (fortified wine) เช่น sherry, port และ vermouth (Adam and Postel, 1992) การเติมแอลกอฮอล์กลั่นลงไปเพื่อเป็นการระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งปะปนมาในไวน์เพราะไวน์ชนิดนี้เป็นไวน์หวาน (sweet wine) ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ การเติมน้ำตาลลงไปภายหลังจากการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้วหรืออาจหมักไม่ให้น้ำตาลถูกใช้หมด ถ้าหากแอลกอฮอล์ไม่สูงแล้ว ไวน์จะเสียได้ง่าย ไวน์ชนิดนี้นิยมใช้ดื่มก่อนรับประทานอาหารเพื่อเรียกน้ำย่อย น้ำตาลที่นิยมใช้เพิ่มความหวานมี 2 ชนิดคือซูโครสและเดกซ์โตรส (Vine, 1981) ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเพิ่มน้ำตาลลงไปภายหลังเพื่อความสะดวกในการควบคุมปริมาณน้ำตาลสุดท้าย และเลือกใช้ซูโครสเนื่องจากราคาถูกกว่าและให้ความหวานมากกว่าเดกซ์โตรส สำหรับแอลกอฮอล์ที่ใช้ปรับโดยทั่วไป มีความเข้มข้น 92-96 % (Adam and Postel, 1992) ส่วนแอลกอฮอล์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเข้มข้นประมาณ 75 % เนื่องจากข้อจำกัดในด้านเครื่องมือการกลั่น ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของแอลกอฮอล์กลั่น (ตารางที่ 4.9) พบว่าความเข้มข้นของปริมาณกลีเซอรอลและเอทธิลอะซีเตทเพิ่มประมาณ 3เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับไวน์(based wine) ซึ่ง Adam และ Postel (1992) ได้รายงานว่า ความเข้มข้นของเอทธิลอะซีเตทจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ distillate สูงขึ้น ส่วน เอสเทอร์ของ caproic ,capric และ lauric acid จะลดลงเนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น ส่วนความเป็นกรดลดลงเนื่องจากแอลกอฮอล์กลั่นมีความเป็นกรดต่ำกว่าไวน์ และปริมาณ 3-methyl-1-butanol เป็นแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลสูง จึงมีความสามารถในการระเหยต่ำกว่าเอทธิลแอลกอฮอล์ จึงเข้มข้นไม่มากเมื่อ distillate มีความเข้มข้นสูงขึ้น

สำหรับไวน์อย่างแรง สารที่มีผลต่อกลิ่นที่สำคัญนอกจากเอทธิลอะซีเตทซึ่งเป็นสารเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นผลไม้ (fruity aroma) และกรดระเหยเหมือนกับไวน์ธรรมดา (table wine) แล้วยังมี 3-methyl-1-butanol ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่แตกต่างจากสารเอสเทอร์ซึ่ง

จะให้กลิ่นที่ไม่น่าพอใจ (unpleasant odor) ซึ่งมีกลิ่นแรงคล้ายฝรั่ง (guava aroma) higher alcohol ที่ให้กลิ่นที่ดีมีเพียงชนิดเดียวคือ 2-phenyl-1-ethanol ซึ่งมีปริมาณน้อยมากจนแทบตรวจสอบไม่ได้ และมีค่า odor threshold ถึงประมาณ 200 mg/L ส่วนกรดระเหยซึ่งคิดในรูป acetic acid เป็นสารที่มีกลิ่นของน้ำส้มสายชู (Ruth, 1986)

จากการทดลองไวน์ที่ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เป็นร้อยละ 14, 16 และ 18 จะมีปริมาณเอทธิลอะซีเตทสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าไวน์ที่ไม่ได้ปรับปริมาณแอลกอฮอล์ (รูปที่ 4.9) ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเติมแอลกอฮอล์กลั่นลงไป และที่ปริมาณร้อยละแอลกอฮอล์เดียวกันเมื่อแปรปริมาณน้ำตาลเป็น 0, 2, 4 และ 6 จะเห็นว่าปริมาณเอทธิลอะซีเตทจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากการแปรปริมาณน้ำตาลซึ่งใช้น้ำเชื่อเข้มข้น 65 $^{\circ}$Brix จึงทำให้ปริมาตรทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไป สำหรับปริมาณเอทธิลอะซีเตทที่ระดับแอลกอฮอล์ต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งเอทธิลอะซีเตทมีค่า odor threshold ประมาณ 12.27 mg/L ปริมาณที่พบในการทดลองอยู่ในช่วง 102.0-109.7 mg/L ซึ่ง William, Lewis และ May (1983) รายงานว่าเอทธิลอะซีเตทจะไม่เกิดกลิ่นที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 75 mg/L และจะให้กลิ่นที่ไม่น่าพอใจที่ความเข้มข้นสูงกว่า 200 mg/L ส่วนปริมาณ 3-methyl-1-butanol พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับเอทธิลอะซีเตท (รูปที่ 4.13) คือเมื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ปริมาณ 3-methyl-1-butanol จะเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาล 3-methyl-1-butanol จะลดลง ซึ่งพบว่าปริมาณ 3-methyl-1-butanol มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาด้านกลิ่นพบว่า ไวน์ทุก treatment combination ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากค่า odor threshold ของ 3-methyl-1-butanol มีค่าประมาณ 14.5 mg/L ซึ่งผู้ทดสอบจะตรวจพบก็ต่อเมื่อปริมาณ 3-methyl-1-butanol มีค่ามากกว่าค่า odor threshold ประมาณ 8 เท่าซึ่งจากการทดลอง 3-methyl-1-butanol มีค่าอยู่ระหว่าง 43.7-51.6 mg/L ทำให้การตรวจสอบ guava aroma ของ 3-methyl-1-butanol เป็นไปได้ยาก Simpson (1980) รายงานว่าคะแนนด้านกลิ่นของไวน์ 128 ตัวอย่างแปรผกผัน (negative correlation) กับความเข้มข้นของ fusel oil William และ คณะ (1983) พบว่ากลิ่นของไวน์ที่หมักเสร็จใหม่ ๆ จะแปรผกผันกับปริมาณ 3-methyl-1-butanol ปริมาณ 3-methyl-1-butanol ที่ยอมให้มีได้สูงสุดประมาณ 300 mg/L (Amerine and Singleton, 1972) และ 400 mg/L (Ruth, 1986)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้านปริมาณกรดระเหย พบว่า เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดระเหยจะลดลง (รูปที่ 4.11) เนื่องจากการเติมแอลกอฮอล์กลั่นซึ่งมีปริมาณกรดระเหยต่ำกว่าไวน์ที่เป็น based wine ดังนั้นการเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลจึงเป็นการลดปริมาณกรดระเหยในไวน์ ปริมาณกรดระเหยในไวน์ทุก treatment combination อยู่ในปริมาณต่ำซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อ Acetobacter และเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ คือไม่เกิน 0.030 g/100 ml ดังนั้นไวน์อย่างแรงที่ผลิตในงานวิจัยนี้ จึงมีปริมาณสารที่มีผลต่อกลิ่นรสของไวน์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เมื่อพิจารณาด้านรสชาติ พบว่าปัจจัยของแอลกอฮอล์และน้ำตาลมีผลร่วมกันต่อรสชาติของไวน์ และไวน์ที่ปรับปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละ 2 แอลกอฮอล์เป็นร้อยละ 16 ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 21.00 จากคะแนนเต็ม 30 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือ ไวน์ที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 0 แอลกอฮอล์ร้อยละ 14 และที่น้ำตาลร้อยละ 6 แอลกอฮอล์ร้อยละ 16 โดยได้คะแนนเฉลี่ย 18.75 และ 18.88 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) ซึ่งได้รับการยอมรับอยู่ในระดับเดียวกัน รสชาติของไวน์มีผลมาจากปริมาณกรดและปริมาณน้ำตาล จากการทดลองพบว่า ไวน์ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5 ที่ทุกปริมาณน้ำตาล มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด และปริมาณกรดทั้งหมดลดลง เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นที่ทุกระดับน้ำตาลเช่นกัน (รูปที่ 4.10) เนื่องจากการเติมแอลกอฮอล์กลั่นเป็นการลดความเป็นกรดของไวน์ ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดสำหรับ dessert wine ที่ได้รับการยอมรับอยู่ในช่วง 0.45-0.65 % (Amerine and Ough, 1974) จะเห็นว่าไวน์ทุก treatment combination มีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในระดับที่เหมาะสม ยกเว้นไวน์ที่ไม่ได้ปรับปริมาณน้ำตาลและแอลกอฮอล์ (based wine) ซึ่งเป็นไวน์ธรรมดาชนิดไม่หวาน (dry table wine) ซึ่งควรมีปริมาณกรดอยู่ในช่วง 0.6-0.9 % จากการทดลองมีปริมาณ 0.622 % อย่างไรก็ตาม Amerine และ Ough (1974) ได้รายงานว่าถ้าไวน์มีปริมาณกรดสูงเกินไปจำเป็นต้องเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้ปริมาณกรดทั้งหมดทั้งหมดอยู่ในระดับที่เหมาะสม

ในด้านความหวานควรพิจารณาควบคู่ไปกับความแรงของไวน์ พบว่าไวน์ที่ปริมาณน้ำตาลต่ำ ถ้าปรับปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำจะได้คะแนนสูง ไวน์ที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0 แอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5 ได้คะแนนด้านความแรงของไวน์ 7.13 จากคะแนนเต็ม 10 ซึ่งสูงกว่าที่ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 14,16 และ 18 (ตารางที่ 4.11) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เช่นเดียวกับไวน์ที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 2 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 18 ได้รับคะแนนเฉลี่ย 6.00 ซึ่งต่ำกว่าที่ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5, 14 และ 16 และที่ระดับน้ำตาลสูงคือร้อยละ 4 และ 6 ไวน์ที่ปรับปริมาณแอลกอฮอล์สูงจะได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าไวน์ที่ปรับปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ โดยไวน์ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 18 จะได้คะแนนสูงกว่าที่ร้อยละ 11.5,14 และ 16 โดยที่ระดับน้ำตาล 4 และ 6 ได้คะแนนเฉลี่ย 7.25 และ 7.12 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นไวน์ที่ปรับระดับน้ำตาลให้ต่ำ ก็ควรปรับปริมาณแอลกอฮอล์ให้ต่ำด้วยและไวน์ปรับปริมาณน้ำตาลสูงก็ควรปรับปริมาณแอลกอฮอล์ให้สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติก็เป็นไปในลักษณะเดียวกับความแรงของไวน์ ส่วนปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับ dessert wine นั้นขึ้นอยู่กับว่าเป็นไวน์ตระกูลไหน เช่น sherry ปริมาณน้ำตาลที่ให้รสชาติที่ดีประมาณ 1-2 % vermouth ประมาณ 4 % (Vine, 1981) ส่วนไวน์น้ำผึ้งอย่างแรงในงานวิจัยนี้ ปริมาณน้ำตาลที่ให้รสชาติที่ดีของไวน์คือ 2 % อย่างไรก็ตามไวน์ที่มีน้ำตาลผสมอยู่เอทธิลแอลกอฮอล์จะเพิ่มความหวานให้น้ำตาล 1-15 % (Amerine and Singleton, 1972)

สาร polyol เป็นสารที่สำคัญในไวน์เนื่องจากเป็นสารที่ให้บอดี้แก่ไวน์ สาร polyol ที่พบมากที่สุด คือ กลีเซอรอล ส่วนที่พบในปริมาณน้อยได้แก่ 2,3-butanediol, d-mannitol และ meso inositol (Rankine and Bridson, 1971) จากการทดลองพบว่าปริมาณกลีเซอรอลของไวน์น้ำผึ้ง สำหรับน้ำตาลที่ปริมาณต่าง ๆ ที่ระดับแอลกอฮอล์ร้อยละ 18 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็น 16, 14 และ 11.5 ตามลำดับ (รูปที่4.8) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณน้ำตาลไม่มีผลร่วมกับปริมาณแอลกอฮอล์ต่อบอดี้ของไวน์ โดยไวน์ที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านบอดี้สูงกว่าที่ระดับน้ำตาลอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.13) ซึ่งการที่ปริมาณน้ำตาลมีผลต่อบอดี้ อาจเป็นเพราะกลีเซอรอลเป็นสารที่มีรสหวาน ซึ่งกลีเซอรอลเป็นสารที่ให้บอดี้แก่ไวน์ ส่วนปัจจัยด้านแอลกอฮอล์พบว่าไวน์ที่ร้อยละแอลกอฮอล์ 14, 16 และ 18 ได้รับการยอมรับอยู่ในระดับเดียวกัน และสูงกว่าที่ร้อยละแอลกอฮอล์ 11.5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.13) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์เป็นการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล

ในด้านสี พบว่าปริมาณน้ำตาลไม่มีผลร่วมกับปริมาณแอลกอฮอล์ต่อลักษณะสี โดยไวน์ที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0 และ 2 ได้คะแนนเฉลี่ย 11.84 และ 11.34 ตามลำดับ จากคะแนน

เติม 15 ได้รับการยอมรับสูงกว่าที่ร้อยละ 4 ซึ่งได้คะแนน 10.59 และที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 4 ได้รับการยอมรับสูงกว่าที่ระดับร้อยละ 6 ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย 8.78 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.13) และเมื่อปรับปริมาณแอลกอฮอล์พบว่าที่แอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5 และ 14 ได้รับการยอมรับสูงกว่าที่ 16 และ 18 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเหตุผลเดียวกันคือการเติมแอลกอฮอล์ทำให้ไวน์มีสีซีด (pale)

ในด้านคะแนนรวม ให้ผลเช่นเดียวกันกับ ความใสและกลิ่นคือปัจจัยด้านปริมาณน้ำตาลและปริมาณแอลกอฮอล์มีผลร่วมกัน แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยไวน์น้ำผึ้งผลไม้อย่างแรงที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 2 และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 16 ได้รับการยอมรับสูงที่สุด โดยทั่วไปไวน์จะมีคุณภาพดีขึ้น เมื่อผ่านการบ่ม สำหรับไวน์อย่างแรงควรบ่มประมาณ 6 เดือน แต่ถ้าจะให้ไวน์มีคุณภาพดีมากขึ้นควรบ่ม 2 ถึง 3 ปีขึ้นไป (Vine, 1981)

ไวน์น้ำผึ้งผลไม้เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีศักยภาพความเป็นไปได้สูง เนื่องจากประเทศไทยประสบความสำเร็จในการส่งเสริมอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งและเทคโนโลยีในการผลิตไวน์ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าจึงสมควรส่งเสริมให้มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย